

INTISARI

MODEL PERAMALAN BERBASIS *SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS* PADA RUNTUN WAKTU BERPOLA MUSIMAN KOMPLEKS

Oleh

WINITA SULANDARI

15/389870/SPA/00544

SSA (singular spectrum analysis) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mendekomposisikan runtun waktu berpola musiman kompleks menjadi beberapa komponen yang lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan. Secara visual, runtun waktu berpola musiman kompleks menunjukkan adanya pola trend, musiman, dan juga dipengaruhi variasi kalender. Dalam hal ini, *SSA* dipandang dapat mengekstraksi pola trend, *smoothing* dan beberapa pola osilasi dengan periode yang berbeda.

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan runtun waktu berpola musiman kompleks dalam dua tahap. Tahap pertama memodelkan komponen deterministik berdasarkan hasil dekomposisi *SSA* dan tahap kedua adalah memodelkan komponen stokastik dengan model *NN (neural network)*. Komponen deterministik didekati dengan kombinasi fungsi trend, fungsi osilasi dan fungsi *dummy*. Fungsi-fungsi ini diidentifikasi berdasarkan hasil dekomposisi *SSA*. Ada dua strategi pemodelan komponen deterministik yang dibahas. Strategi pertama, pembentukan model *TLSNN (two level seasonal neural network)* yaitu dimulai dengan proses identifikasi fungsi deterministik berdasarkan hasil dekomposisi *SSA* dan dilanjutkan proses estimasi koefisien-koefisien fungsi deterministik secara simultan. Strategi kedua, pembentukan model *TLCSNN (two level complex seasonal neural network)*, yaitu memodelkan komponen-komponen hasil dekomposisi *SSA* secara terpisah. Dalam hal ini, permasalahan yang muncul dan kemudian menarik untuk dibahas adalah bagaimana memodelkan komponen osilasi stasioner dan atau dengan amplitudo yang bervariasi. Komponen osilasi didekati dengan fungsi trigonometri, dan diestimasi dengan metode *iterative OLS (ordinary least square)*. Metode *iterative OLS (iOLS)* merupakan pengembangan dari metode *OLS*. Metode *OLS* dapat digunakan untuk mengestimasi parameter model osilasi dengan asumsi frekuensi sudah diketahui sementara metode *iOLS* memperbarui nilai frekuensi secara iteratif sedemikian sehingga diperoleh nilai akar kuadrat kesalahan rata-rata (*root mean square error = RMSE*) seminimal mungkin.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah diperolehnya prosedur *iOLS* untuk estimasi parameter model osilasi hasil dekomposisi *SSA* dan diperolehnya prosedur pembentukan model peramalan berbasis *SSA* yaitu prosedur pembentukan model *TLSNN* dan prosedur pembentukan model *TLCSNN*. Berdasarkan hasil kajian teoritis dapat ditunjukkan bahwa metode *iOLS* memberikan hasil estimasi parameter yang efisien secara asimtotis, baik untuk model osilasi stasioner maupun osilasi dengan amplitudo termodulasi linear. Selanjutnya, prosedur yang dibahas dalam penelitian ini diterapkan pada data simulasi dan data riil. Contoh numerik diberikan untuk menunjukkan performa prosedur *iOLS*. Dalam hal ini, performa estimator ditunjukkan melalui hasil perbandingan *MSE* (*mean square error*) estimator dengan nilai *CRLB* (*Cramer Rao lower bound*) asimtotisnya. Sementara itu, hasil penerapan model berbasis *SSA* pada data jumlah kematian bulanan akibat kecelakaan di USA menunjukkan bahwa model *TLSNN* dan model *TLCSNN* memberikan nilai peramalan yang lebih akurat dibandingkan dengan model Naive, *ARIMA* (*autoregressive integrated moving average*), Holt-Winter *exponential smoothing*, dan *TL-SAR* (*two-level seasonal autoregressive*). Lebih lanjut, model *TLSNN* dan *TLCSNN* juga memberikan performa yang lebih baik dibandingkan model *TL-SAR* pada peramalan jumlah penumpang pesawat dan beban listrik Jawa-Bali.

Kata-kata kunci: *SSA*, runtun waktu, musiman kompleks, osilasi, *CRLB* asimtotis

ABSTRACT

SINGULAR SPECTRUM ANALYSIS BASED FORECASTING MODEL FOR TIME SERIES WITH THE COMPLEX SEASONAL PATTERN

By

WINITA SULANDARI

15/389870/SPA/00544

SSA (singular spectrum analysis) is a method that can be used to decompose a complex time series into several simple and interpretable components. Visually, a complex seasonal time series shows a trend, one or more seasonal patterns, and calendar variation effect. In this case, SSA is considered to extract the trend, smoothing and several oscillatory components which each has a different period.

The aim of this study is to model a complex seasonal time series in two steps. The first is to model the deterministic component based on SSA decomposition and the second is to model the stochastic component by model NN (neural network). The deterministic component is approximated by the combination of trend, oscillation, and dummy functions. These functions are identified based on the results of SSA decomposition. There are two strategies in modeling deterministic component discussed in this study. The first is the strategy to model TLSNN (two level seasonal neural network) that starts with the identification of the trend and oscillatory functions based on SSA decomposition's results and then estimates the parameters simultaneously. The second one is the strategy for modeling TLCSNN (two level complex seasonal neural network) in which each component of SSA decomposition is modeled separately. In this case, the problem that may arise and need to be discussed is how to model the oscillatory component with fixed amplitude or with time varying amplitude. The oscillatory component is approximated by the trigonometry function, and is estimated by the iterative OLS (ordinary least square). The iterative OLS (iOLS) is a modification of OLS method. The OLS method can be used to estimate the parameters of the oscillatory model where the frequency is assumed to be known while the iOLS method updates the frequency iteratively such that the RMSE (root mean square error) is as minimal as possible.

The main contributions of this research are the iOLS procedure to estimate the parameters of the oscillatory components both for fixed and time varying amplitude and the two SSA-based model procedures, namely the procedure to model TLSNN and TLCSNN. Based on the empirical results show that the iOLS method

provides the asymptotically efficient estimates of parameters of the oscillation models, both for the stationary sinusoidal and linear amplitude modulated sinusoidal model. Furthermore, the procedures discussed in this study are applied to the simulation and real time series data. The numerical examples are presented to illustrate the performance of the iOLS method. In this case, the performance of the iOLS method is evaluated based on the comparison of the MSE (mean square error) of the estimators to the asymptotic CRLB (Cramer Rao lower bound). Meanwhile, the application of SSA-based model to the monthly accidental deaths in USA shows that the TLSNN and TLCSNN model provide more accurate forecast values than Naive, ARIMA (autoregressive integrated moving average), exponential Holt-Winter, and TLSAR (two-level seasonal autoregressive) model. In addition, the TLSNN and TLCSNN model yield better forecasting performance than TLSAR for the airline passenger and Jawa-Bali load forecasting.

Keywords: SSA, time series, complex seasonal, oscillatory, asymptotic CRLB